Verschiedene Erhitzerbeutel im Überblick

Magnesium, Aluminium oder Branntkalk – drei Reaktionen im Vergleich

LNCU.de
ID 45499
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen



Diesmal habe ich im Outdoor-Laden einen anderen Heizbeutel erwischt. Auf dem Etikett stehen Aluminium und Natriumhydroxid – gar kein Magnesium. Funktioniert der genauso wie der Armee-Beutel? – *Kocherlos*



Noch ein anderes System? Der Naturpark empfiehlt daneben auch ein Kochsystem mit Kalk-Heizkissen. Das ist doch im Grunde ein Salz, das sich löst, wie bei den Hotpots aus dem Asia-Laden. – *Funkenflug*



Ich bin im Mai mit sechs Jugendlichen zwei Nächte auf dem Trekkingplatz, Feuer ist verboten. Wir wollen jeden Abend warm essen, alle sieben. Was würdet ihr da nutzen? – *Waldläuferin*

Drei Erhitzer, drei Prinzipien

1 **Entscheiden** Sie spontan, was Sie Waldläuferin empfehlen würden, und **notieren** Sie Ihre Entscheidung mit einem Satz Begründung. Sie kommen in Aufgabe 5 darauf zurück.

2 **Stellen** Sie mithilfe von M1 die chemischen Grundlagen der Erhitzer A bis C **dar**:

- a Legen Sie eine Übersicht an. Geben Sie für jedes System die Reaktionsgleichung, den Reaktionstyp, die Hemmung und ihre Überwindung, die Produkte (Gas, Rückstand) und die Wärme pro Gramm Füllung aus Teilaufgabe b an.
- b **Berechnen** Sie mithilfe von M1, E, wie viel Wärme 1 g Magnesium, 1 g Aluminium und 1 g Branntkalk höchstens liefern, und **vergleichen** Sie mit dem Lösen von 1 g Calciumchlorid.
- c Händler bieten Kalk-Heizkissen mit 50 g Füllung für Behälter mit 850 mL und 1200 mL an (M1, C). **Prüfen** Sie, ob 50 g reiner Branntkalk eine Mahlzeit von 400 g von 20 °C auf 90 °C erwärmen können, und **deuten** Sie das Ergebnis mit Blick auf die Händlerangaben.
- d **Für Schnellere: Entwickeln** Sie die Reaktionsgleichung für Aluminium in Natronlauge aus den Teilgleichungen für Oxidation und Reduktion.

3 Funkenflug hält Kalk-Heizkissen und Hotpot für Systeme mit einem „Salz, das sich löst“.

- a **Erklären** Sie auf der Teilchenebene den Unterschied zwischen dem Lösen von Calciumchlorid in Wasser und der Reaktion von Branntkalk mit Wasser.
- b **Erklären** Sie, warum der pH-Befund beim Instant-Hotpot (M1, D) gegen einen Heizbeutel mit einem Salz wie Calciumchlorid und für Branntkalk spricht, und **nennen** Sie den Befund, der zusätzlich auf Aluminium hinweist.
- c **Prüfen** Sie mit Ihren Werten aus Aufgabe 2b, ob das Lösen eines Salzes den Instant-Hotpot aus M1, D heiß machen kann. Nehmen Sie an, der Heizbeutel bestünde aus 76 g Calciumchlorid und die Mahlzeit solle von 20 °C auf 100 °C kommen.
- d **Für Schnellere:** Auf dem Etikett des Hotpot-Heizbeutels aus dem Rundfunkbericht steht kein Natriumhydroxid. **Erläutern** Sie, wie im Beutel trotzdem eine Lauge entstehen kann, die das Aluminium angreift.

M1 Drei Erhitzer und „unser Hotpot“ – die Befunde

A · Magnesium

Der Heizbeutel der US-Armee

Bekannt aus der Reihe „Korrosion“ und von der vorigen Seite:

- Heizpad 20 g (± 2 g) mit höchstens 8 g Magnesium, in das Eisen eingemahlen ist. [9] [6]
- Aktivierung mit 2 Unzen (etwa 57 g) Wasser. Die Armee verlangt, dass ein Beutel mit 8 Unzen Wasser (227 g) in höchstens 12 Minuten um mindestens 100 °F (56 K) wärmer wird; geprüft wurde auch, ob eine Mahlzeit von 40 °F auf 140 °F (4 °C auf 60 °C) kommt. [9] [10]
- Rechnerisch entstehen pro Pad bis zu etwa 8 L Wasserstoff („Rechnungen rund um den Erhitzerbeutel – Teil 1“), gemessen wurden im Mittel 4,4 L („Weitere Rechnungen rund um den Erhitzerbeutel“).
- Rückstand: Magnesiumhydroxid; die Lösung ist alkalisch (gesättigt etwa pH 10), Phenolphthalein färbt sich pink.
- Entsorgung laut Sicherheitsdatenblatt: einzelne gebrauchte Heizbeutel in den Hausmüll. [6]

1 Magnesium reagiert mit Wasser

$$\mathrm{Mg\,(s) + 2\,H_2O\,(l) \longrightarrow Mg(OH)_2\,(s) + H_2\,(g)\uparrow}$$



Abb. 1: Heizbeutel der US-Armee mit Heizpad. [11]

Magnesium und das Lokalelement

Magnesium ist sehr unedel und kann Wasser reduzieren. Eine Schicht aus Magnesiumhydroxid hemmt die Reaktion. Im Heizpad ist in jedes Magnesiumkorn Eisen eingemahlen: Jedes Korn ist ein Lokalelement. Magnesium wird oxidiert, am Eisen entstehen Wasserstoff und Hydroxid-Ionen („Warmes Essen ohne Feuer“). Das Salzwasser schließt den Stromkreis im Lokalelement; außerdem schützt die Deckschicht in Kochsalzlösung schlechter („Erhitzerbeutel weitergedacht – Befunde auswerten“).

B · Aluminium

Ein ziviler Aluminium-Heizbeutel

Ein Heizbeutel aus dem Outdoor-Handel. Laut Etikett und Gebrauchsanweisung: [12]

- Nettogewicht 25 g; enthält Aluminium (stabilisiert) und Natriumhydroxid.
- Aktivierung mit 50 mL Wasser; nach 10 bis 12 Minuten ist die Mahlzeit heiß.
- Warnhinweise: Reagiert mit Wasser unter Bildung entzündlicher Gase; verursacht Hautreizungen und schwere Augenreizung. Nur in gut gelüfteten Räumen verwenden, nicht in Flugzeugen. Vor der Entsorgung immer mit Wasser aktivieren.

Aluminium und seine Schutzschicht

An der Luft überzieht sich Aluminium sofort mit einer dünnen, fest haftenden Schicht aus Aluminiumoxid. Sie schützt das Metall so gut, dass Aluminium trotz seines stark negativen Standardpotenzials (−1,66 V) [13] mit Wasser praktisch nicht reagiert; in Wasser bildet sich darauf zusätzlich schwer lösliches Aluminiumhydroxid.

Aluminiumoxid und Aluminiumhydroxid reagieren aber mit Hydroxid-Ionen zu gut löslichen Tetrahydroxidoaluminat-Ionen $[Al(OH)_4]^-$, kurz Aluminat-Ionen. In einer Lauge löst sich die Schutzschicht deshalb auf.

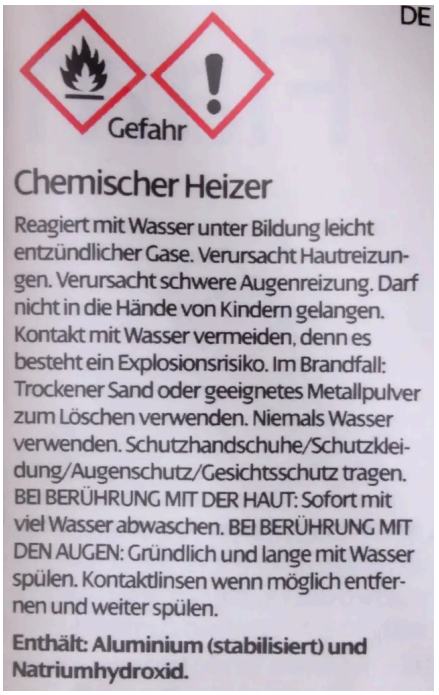


Abb. 2: Etikett eines zivilen Aluminium-Heizbeutels.[12]

2 Die Oxidschicht löst sich in Lauge

$$Al_2O_3\,(s) + 2\,OH^-\,(aq) + 3\,H_2O\,(l) \longrightarrow 2\,[Al(OH)_4]^-\,(aq)$$

3 Aluminium reagiert in Natronlauge

$$2\,Al\,(s) + 2\,OH^-\,(aq) + 6\,H_2O\,(l) \longrightarrow 2\,[Al(OH)_4]^-\,(aq) + 3\,H_2\,(g)\uparrow$$

C · Branntkalk

Ein Kochsystem mit Kalk-Heizkissen

Für die Trekkingplätze empfiehlt der Naturpark Nordeifel unter anderem ein flammenloses Kochsystem aus zwei Behältern und einem Heizkissen, das sich mit Wasser mindestens 20 Minuten lang auf 98 °C erhitzt.[14]

Händler beschreiben die Heizkissen so:[15]

- Heizkissen mit 20 g oder 50 g Füllung, die 50-g-Kissen für Behälter mit 850 mL und 1200 mL; die Behälter lassen sich wiederverwenden.
- Material: Branntkalk (Calciumoxid), laut einem Händler „eine Kombination aus 18 verschiedenen Mineralien und Sanden“ (übersetzt).
- Beim Heizen entsteht laut einem Händler ein Dampf, der „eine Mischung aus Wasserstoff- und Sauerstoffgas“ sei (übersetzt).
- Erreicht etwas über 95 °C (20 g) bzw. knapp 98 °C (50 g) und heizt bis zu 30 Minuten.
- Nach Gebrauch in den Restmüll.

Ein Sicherheitsdatenblatt für die Heizkissen war nicht zu finden.

Branntkalk und Wasser

Branntkalk (Calciumoxid) ist eine Ionenverbindung aus Calcium-Ionen und Oxid-Ionen. Oxid-Ionen (O^{2-}) gibt es nur in festen Ionenverbindungen wie Metalloxiden, nicht in Wasser. In Wasser bilden sich daraus sofort durch Reaktion mit je einem Wasser-Molekül zwei Hydroxid-Ionen (OH^-). Im Fall von Calciumoxid entsteht Calciumhydroxid (gelöschter Kalk), das sich in Wasser nur wenig löst. Die Lösung darüber ist stark alkalisch.

4 Oxid-Ionen reagieren mit Wasser

$$\underset{\text{Oxid-Ion}}{O^{2-}} + \underset{\text{Wasser-Molekül}}{H_2O\,(l)} \longrightarrow \underset{\text{Hydroxid-Ionen}}{2\,OH^-\,(aq)}$$

5 Branntkalk wird gelöscht

$$CaO\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow Ca(OH)_2\,(s)$$

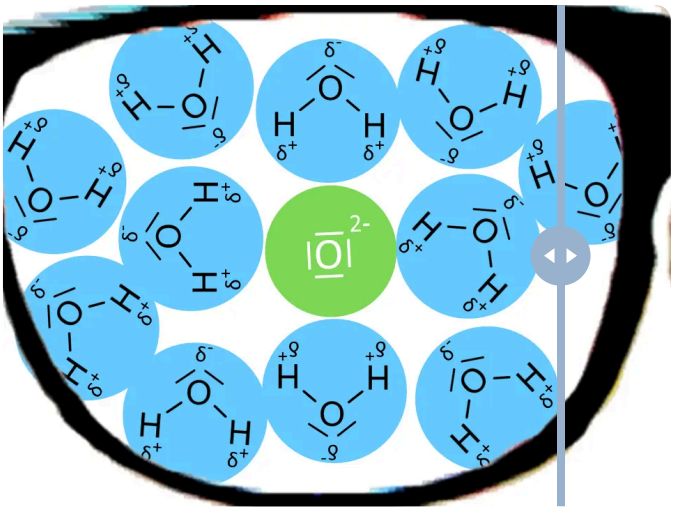


Abb. 3: Bildung von Hydroxid-Ionen.[16]

D · Instant-Hotpot

Wie war das mit dem Hotpot?

In der Sek I wurde ein selbsterhitzender Instant-Hotpot aus dem Asia-Handel ausgepackt und untersucht:[17]

- Ein pH-Teststreifen zeigte unten im Hotpot eine stark alkalische Lösung.
- Gewogen wurden 407 g Lebensmittel und ein Heizbeutel von 76 g.
- Die Beschriftung des Heizbeutels ist überwiegend chinesisch.

Über einen ähnlichen Instant-Hotpot berichtete der chinesische Rundfunk: Auf dem Etikett des Heizbeutels standen als Hauptbestandteile **Calciumoxid, Aluminiumpulver und Natriumhydrogencarbonat.** Bei einer Prüfung wurde im freigesetzten Gas Wasserstoff nachgewiesen. Die Prüfstelle gab an, dass ein solcher Heizbeutel etwa 40 Liter Wasserstoff liefert. Der Verbraucherrat Shanghai riet, solche Produkte nicht in Autos oder anderen engen, geschlossenen Räumen zu verwenden und Kinder und Jugendliche sie nur unter Anleitung Erwachsener benutzen zu lassen.[18]



Abb. 4: pH-Teststreifen in der Flüssigkeit unten im Hotpot.[19]

Nachgeschärft

In der Sek I und auf der Seite „Wie funktioniert ein Hotpot?“ dieser Reihe wurden Hotpots über das Lösen eines Salzes erklärt. Für Kühlkissen und für selbsterhitzende Getränkebecher stimmt das: Dort muss nur wenig Flüssigkeit warm werden, und die Lösungswärme eines Salzes wie Calciumchlorid reicht aus – wie bei dem Getränk, das du auf der Seite „Ein selbsterhitzendes und selbsterkaltendes Getränk dimensionieren“ berechnet hast; auch ein US-Patent beschreibt einen solchen Becher.[20]

Für selbsterhitzende Mahlzeiten wie den Instant-Hotpot trägt die Erklärung nicht. Deren Heizbeutel enthalten nach Etikettenangaben, Patenten und Herstellerangaben vor allem Branntkalk, häufig zusammen mit Aluminiumpulver.[8][2] Die Wärme stammt also aus Reaktionen mit dem Wasser: Der Branntkalk wird gelöscht, und ist Aluminium dabei, wird es oxidiert; dabei entsteht Wasserstoff. Dazu passt der stark alkalische pH-Befund – warum, und wie viel Wärme ein Salz überhaupt liefern könnte, klärt Aufgabe 3.

E · Wärme im Vergleich

Standardbildungsenthalpien

Standardbildungsenthalpien $\Delta_f H_m^0$ bei 25 °C in kJ/mol:[21][22][23]

- Mg(s), Al(s): 0
- H_2O(l): −285,8
- $Mg(OH)_2$(s): −924,7
- $Al(OH)_3$(s): −1293,1
- CaO(s): −635,1
- $Ca(OH)_2$(s): −986,1
- $CaCl_2$(s): −795,8
- Ca^{2+}(aq): −543,0
- Cl^-(aq): −167,1

Molare Massen in g/mol: Mg 24,31 · Al 26,98 · CaO 56,08 · $CaCl_2$ 110,98.

Wärme für das Essen

Wie viel Wärme eine Mahlzeit braucht, schätzt man mit der kalorimetrischen Grundgleichung ab („Die Kalorimetrie“). Für Speisen rechnet man näherungsweise mit der spezifischen Wärmekapazität von Wasser, c = 4,18 J/(g · K). Beim Aluminium wird mit Aluminiumhydroxid als Produkt gerechnet; die Lauge löst nur die Schutzschicht.

6 Kalorimetrische Grundgleichung

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

7 Reaktionsenthalpie aus Standardbildungsenthalpien

$$\Delta_r H_m^0 = \sum \Delta_f H_m^0(\text{Produkte}) - \sum \Delta_f H_m^0(\text{Edukte})$$

Ihre Stellungnahme

4 **Erweitern** Sie Ihre Übersicht aus Aufgabe 2 mit Kriterien aus M2 und eigenen Kriterien zu einer Vergleichsmatrix und **gewichten** Sie die Kriterien. **Nehmen** Sie dann in einer Forumsantwort an Waldläuferin begründet **Stellung**: zuerst allgemein, für welche Einsatzzwecke selbsterhitzende Beutel sinnvoll sind und für welche nicht, etwa in der Feldverpflegung, in der Notfallvorsorge und auf einer Wochenendtour, dann, ob und welchen Erhitzer Sie ihrer Gruppe empfehlen.

5 **Vergleichen** Sie Ihre Stellungnahme mit Ihrer ersten Einschätzung aus Aufgabe 1 und **reflektieren** Sie Ihr Vorgehen mit dem WAGE(R)-Modell.

M2 Mögliche Kriterien für die Stellungnahme

Offensichtliches

- **Gewicht und Wärme:** Wie viel Wärme liefert ein Gramm Füllung (Aufgabe 2), wie viel davon kommt im Essen an („Weitere Rechnungen rund um den Erhitzerbeutel“), und wie viele Beutel oder Kissen müssen für sieben Mahlzeiten an zwei Abenden in den Rucksack?
- **Zeit:** Wie lange dauert es, bis das Essen heiß ist?
- **Wasserstoff:** Entsteht brennbares Gas, und wo wird aktiviert? Die untere Explosionsgrenze von Wasserstoff in Luft liegt bei 4,0 Vol.-%;[24] im Kuppelzelt für zwei aus „Rechnungen rund um den Erhitzerbeutel – Teil 1“ (innen etwa 1,1 m^3) wird sie bei 8 L pro Pad rechnerisch mit dem sechsten Magnesium-Pad überschritten, lokal früher.
- **Rückstände:** Wie alkalisch sind sie, was droht bei Kontakt mit Haut und Augen?
- **Müll:** Auf den Trekkingplätzen gibt es keine Mülleimer; alles muss wieder mitgenommen werden.[7]
- **Verlässliche Angaben:** Was ist über die Füllung bekannt, was nur behauptet?
- **Handhabung:** Wie sicher ist die Anwendung für Jugendliche – auch mit Blick auf kochendes Wasser und heißen Dampf?

Weitergehendes

- **Einsatzzweck:** Entwickelt wurde der Heizbeutel für die Feldverpflegung der US-Armee.[9] Ein Hersteller nennt als Zielgruppen außerdem Camper, Jäger, Bootsfahrer, Outdoor-Begeisterte und „Prepper“, die sich auf Notfälle vorbereiten, verspricht fünf Jahre Haltbarkeit und nennt den Heizbeutel „biologisch abbaubar und ungiftig“ (übersetzt).[25]
- **Einweg:** Jeder Beutel und jedes Heizkissen wird nur einmal genutzt; danach liegen Metallhydroxide oder Calciumhydroxid im Müll.
- **Gefahrgut:** Metall-Heizpads, die ohne Mahlzeit verschickt werden, sind Gefahrgut der Klasse 4.3.[26] Steckt ein Heizbeutel mit höchstens 8 g Magnesium in der Mahlzeitpackung, ist er nach einem Bescheid der US-Verkehrsbehörde von 1992 kein Gefahrgut – unabhängig davon, wie viele Mahlzeiten zusammen verschickt werden.[6] Auch ein Heizbeutel mit Aluminium und Branntkalk wird als UN 2813 verschickt.[2] Die US-Luftfahrtbehörde empfiehlt Fluggesellschaften, das Aktivieren von Heizbeuteln durch Passagiere an Bord zu verhindern.[27]
- **Rohstoffe:** Magnesium und Aluminium kommen in der Natur nur in Verbindungen vor. Was bedeutet es, dass beide Metalle im Heizbeutel nach wenigen Minuten wieder als Hydroxid enden?
- **Alternativen:** Der Naturpark nennt auch Möglichkeiten ganz ohne Erhitzer: kalte Küche wie Brotzeit oder Müsli und „cold soaking“, bei dem Nudeln, Couscous oder Kartoffelpüree bis zu zwei Stunden in kaltem Wasser einweichen.[14]

Einzelnachweise

1 Brady, M. P. u. a. (2015): Film breakdown and nano-porous $Mg(OH)_2$ formation from corrosion of magnesium alloys in salt solutions. Journal of The Electrochemical Society 162 (4), C140–C149, https://doi.org/10.1149/2.0171504jes (letzter Zugriff 19.10.2026).

2 Herstellerangaben, Produktdatenblatt „Flameless Heater“ (Review 0, 10/2021) aus einem öffentlichen Vergabeverfahren, https://storage.mtender.gov.md/get/589cd90c-315c-49e1-b341-e06b1f4b9bf3-1786102312561 (letzter Zugriff 19.10.2026).

3 Reif, A.; Schulze, E.-D.; Ewald, J.; Rothe, A. (2014), FVA-einblick 1/2014, S. 14–16, online bei waldwissen.net, https://www.waldwissen.net/de/lebensraum-wald/waldboden/kalk-im-wald-muss-es-sein (letzter Zugriff 23.10.2026).

4 Richtlinie 2006/44/EG über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten, Anhang I: pH 6–9 für Salmoniden- und Cyprinidengewässer; inzwischen aufgehoben und in der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG aufgegangen; nach https://umwelt-online.de/recht/eu/05_09/06_0044.htm (letzter Zugriff 23.10.2026).

5 § 28 Abs. 1 Satz 1 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/__28.html (letzter Zugriff 23.10.2026).

6 Innotech Products, Ltd.: Material Safety Data Sheet „Ration Supplement, Flameless Heater (FRH), For Meal, Ready-To-Eat“, Februar 2005, https://www.conncoll.edu/media/website-media/offices/ehs/envhealthdocs/MRE_Heater-NEW.pdf (letzter Zugriff 18.10.2026).

7 Naturpark Nordeifel e. V.: Benutzerordnung und AGB der Trekkingplätze, https://trekking-eifel.de/de/so-funktionierts/benutzerordnung/ (letzter Zugriff 19.10.2026).

8 Mycoal Co. Ltd.: Europäische Patentanmeldung EP 2 011 846 A1 „Vorrichtung zum Erhitzen von Lebensmitteln“, veröffentlicht 07.01.2009 (201 1 zurückgenommen), https://patents.google.com/patent/EP2011846A1/de (letzter Zugriff 19.10.2026).

9 Oleksyk, L. E.; Pickard, D.; Trottier, R. (1993): Development of the Flameless Ration Heater for the Meal, Ready-to-Eat. U.S. Army Natick Researc h, Development and Engineering Center, Technical Report NATICK/TR-93/030, https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA265693.pdf (letzter Zugriff 1 8.10.2026).

10 Defense Logistics Agency: Monographie M10D „Ration Supplement, Flamesless [sic] Heater, For Meal, Ready-To-Eat“, https://www.dla.mil/Porta ls/104/Documents/TroopSupport/Subsistence/Rations/qapubs/appa/m10d.pdf (letzter Zugriff 19.10.2026).

11 Foto: Gregor von Borstel, 2026.

12 Foto: Gregor von Borstel, 2026; Herstellerangaben unkenntlich gemacht.

13 Bard, A. J.; Parsons, R.; Jordan, J. (1985): Standard Potentials in Aqueous Solutions, nach LibreTexts Chemistry: „P2: Standard Reduction Poten tials by Value“, https://chem.libretexts.org/Ancillary_Materials/Reference/Reference_Tables/Electrochemistry_Tables/P2:_Standard_Reduction _Potentials_by_Value (letzter Zugriff 19.10.2026).

14 Naturpark Nordeifel e. V.: Kochen ohne Feuer, https://trekking-eifel.de/de/so-funktionierts/kochen-ohne-feuer/ (letzter Zugriff 18.10.2026).

15 Händlerangaben zu den Heizkissen eines flammenlosen Kochsystems auf Branntkalkbasis bei mehreren Onlinehändlern, abgerufen am 18.10.2 026; der Produktname wird hier bewusst nicht genannt.

16 Grafik: Gregor von Borstel, 2026.

17 Messungen aus „Hotpots und Kühlpacks – sinnvoll oder überflüssig?“, LNCU, ID 30333, https://lncu.de/material/hotpots-und-kuehlpacks-sinnv oll-oder-ueberfluessig/ (letzter Zugriff 18.10.2026).

18 China National Radio, Programm „□□□□“ (Reporter Li Xingjian): „□□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□“ (Heizbeutel selbsterhitzender Lebensmittel enthalten gefä hrliche Chemikalien – Normen dringend nötig), 18.09.2019, veröffentlicht bei China News Service, https://www.chinanews.com.cn/cj/2019/09-18/8958596.shtml (letzter Zugriff 18.10.2026).

19 Foto: Catalina Malien, 2026.

20 Freiman, R. (G and S Regal Trading Corp.): US-Patent 5,628,304 „Self-heating container“, 13.05.1997, https://patents.google.com/patent/US562 8304A/en (letzter Zugriff 19.10.2026).

21 NIST-JANAF Thermochemical Tables, https://janaf.nist.gov/tables/ (letzter Zugriff 18.10.2026): $Mg(OH)_2$, $H_2O(l)$, CaO, $Ca(OH)_2$, $CaCl_2$, gerundet.

22 Cox, J. D.; Wagman, D. D.; Medvedev, V. A. (1989): CODATA Key Values for Thermodynamics, https://codata.info/resources/databases/key1.html (letzter Zugriff 18.10.2026): $Ca^{2+}(aq)$, $Cl^-(aq)$, gerundet.

23 Hemingway, B. S.; Robie, R. A. (1977), Journal of Research of the U.S. Geological Survey: Gibbsit, $Al(OH)_3$, https://www.usgs.gov/publications/e nthalpies-formation-low-albite-naalsi3o8-gibbsite-aloh3-and-naalo2-revised-values (letzter Zugriff 18.10.2026), gerundet.

24 DGUV Fachbereich AKTUELL FBETEM-007 „Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten im Bereich von Wasserstoffanlagen und -leitung en“, Stand 29.06.2023, Tabelle 1, https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4749 (letzter Zugriff 18.10.2026).

25 Luxfer Magtech: Produktblatt „Flameless Ration Heater“, 2020, https://www.luxfermagtech.com/wp-content/uploads/2020/04/Luxfer-Data-She ets-FRH-4.pdf (letzter Zugriff 18.10.2026).

26 Luxfer Magtech: Produktblatt „Flameless Ration Heater“, 2020, https://www.luxfermagtech.com/wp-content/uploads/2020/04/Luxfer-Data-She ets-FRH-4.pdf; Fire Services Department Hong Kong: Dangerous Goods, UN 2813 „Water-reactive solid, n.o.s.“, Klasse 4.3, https://es.hkfsd.gov.h k/dg/en/dangerous_goods/?page=47 (letzter Zugriff 18.10.2026). Das Produktblatt nennt „UN #2183“; wasserreaktive feste Stoffe führt das Ge fahrgutverzeichnis unter UN 2813.

27 Federal Aviation Administration (FAA): Safety Alert for Operators SAFO 06008 „Fire hazard with flameless ration heaters (aka meals, ready-to-ea t (MRE))“, 24.07.2006, https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/other_visit/aviation_industry/airline_operators/airline_safety/safo06008.pdf (let zter Zugriff 18.10.2026).